

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Jenis Penelitian**

Pada penelitian ini menggunakan jenis penelitian yaitu jenis penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen merupakan sebuah metode penelitian sistematis yang dilakukan dengan cara pendekatan kuantitatif dan manipulasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sebab akibat pemberian variasi kecepatan pengelasan pada saat proses pengelasan *friction stir welding*. Pada penelitian ini terdapat tiga variabel yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

##### **3.1.1. Variabel Bebas**

Variabel bebas merupakan variabel yang bisa mempengaruhi, yaitu dengan memilih faktor yang akan dilakukan penelitian dengan diukur, diamati maupun dimanipulasi. Variabel dalam penelitian ini adalah perbandingan variasi kecepatan pengelasan dengan menggunakan metode *Friction Stir Welding* (FSW), dengan kecepatan pengelasan sebagai berikut:

- a) A1= 20 mm/menit
- b) A2= 40 mm/menit
- c) A3= 60 mm/menit

### 3.1.2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan faktor yang perlu diamati dan diukur untuk mengetahui bahwa ada atau tidak perubahan dalam pengaruh variabel bebas. Variabel pada penelitian kali ini yaitu pengujian tarik, pengujian distorsi dan pengujian kekerasan.

### 3.1.3. Variabel Terkontrol

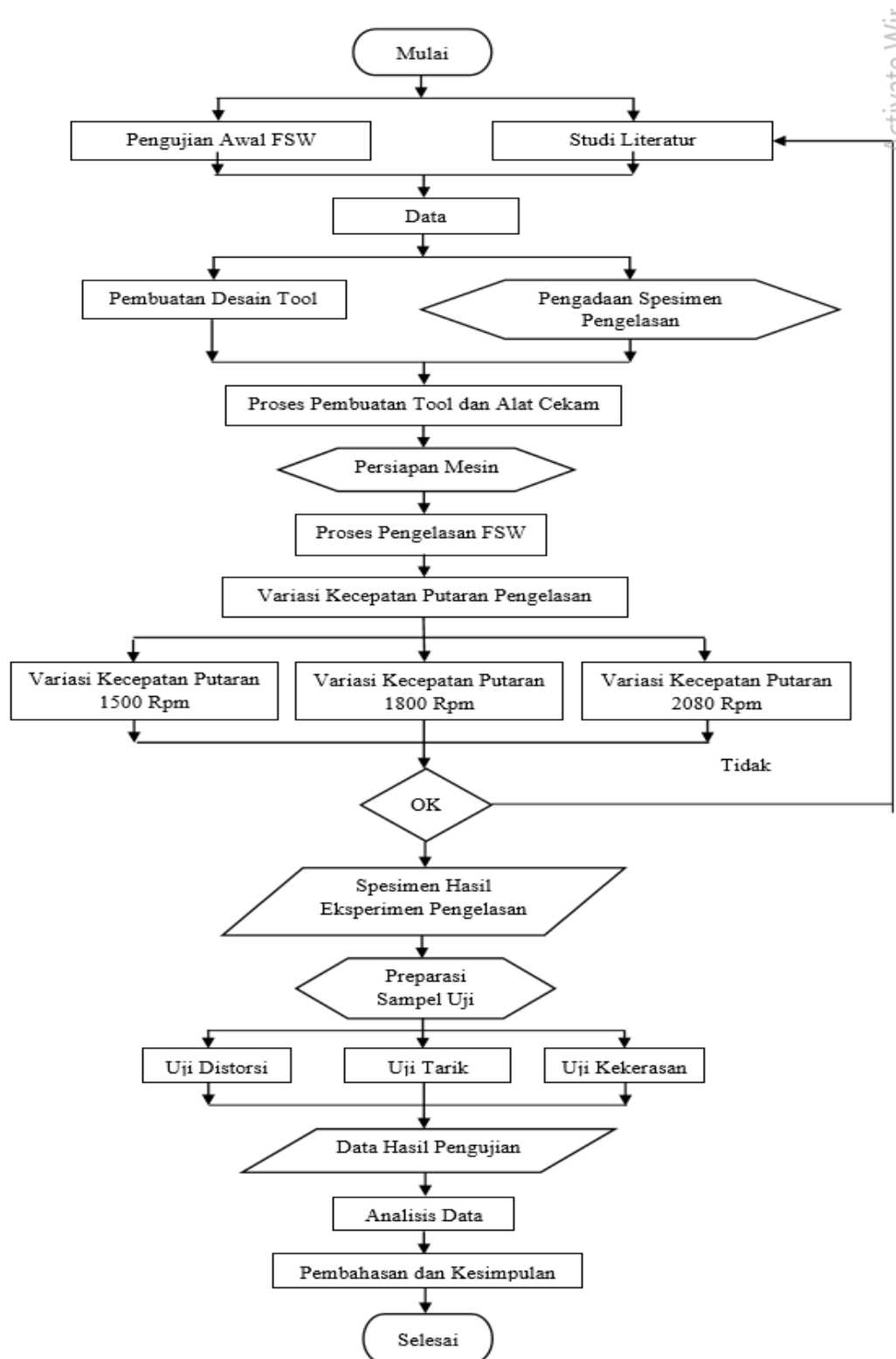
Variabel terkontrol merupakan variabel yang langsung ditentukan oleh peneliti sendiri dalam melakukan penelitian. Variabel ini dilakukan agar terdapat hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat yang dapat dikendalikan secara konstan. Variabel dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Alumunium paduan seri 5083 dengan ketebalan 4 mm.
2. Metode *Friction Stir Welding*.
3. Kecepatan pengelasan 60 mm/menit.
4. Panjang pin 3.6 mm.
5. Kedalaman pin 2.4 mm.
6. Diameter pin 4 mm.
7. Sudut pengelasan 1.
8. Panjang tool 100 mm.
9. Diameter tool 15 mm.

## 3.2. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir merupakan salah satu diagram yang digunakan untuk menampilkan langkah-langkah dalam bentuk simbol-simbol yang dihubungkan

dengan panah. Diagram ini mewakili ilustrasi atau penggambaran penyelesaian sebuah permasalahan dalam penelitian yang akan di lakukan.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

### 3.3. Waktu dan Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2019. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah, sebagai berikut:

#### 1. Persiapan pengelasan

Pada tahap persiapan pengelasan ini dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang.

#### 2. Proses pengelasan *Friction Stir Welding*

Pada tahap proses pengelasan *friction stir welding* ini dilakukan di Laboratorium VEDC Kota Malang.

#### 3. Pengujian specimen hasil pengelasan

Pada tahap pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Distorsi, Pengujian Tarik, dan Pengujian Kekerasan pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang.

### 3.4. Alat dan Bahan yang Digunakan Dalam Penelitian

#### 3.4.1. Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan beberapa peralatan untuk melakukan eksperimen dengan menggunakan metode *Friction Stir Welding* adalah:

#### 1. Mesin Pemotong Pelat

Mesin pemotong plat digunakan untuk memotong plat sepesimen uji untuk penelitian sesuai dengan ukuran yang di pilih.



**Gambar 3.2 Mesin Pemotong Pelat**

## **2. Mesin Frais (*Milling Machine*)**

Mesin frais merupakan mesin yang digunakan untuk melakukan pengelasan *Friction Stir Welding* serta dapat digunakan untuk pembuatan specimen pengujian tarik.



**Gambar 3.3 Mesin Frais**

### 3. Penjepit Spesimen

Penjepit spesimen digunakan sebagai alat bantu penjepit material pelat dengan dicekam agar material tidak bergerak pada saat proses pengelasan



**Gambar 3.4 Penjepit Spesimen**

### 4. Tool HSS (*High Speed Steel*)

HSS (*High Speed Steel*) merupakan material yang dipakai untuk pemotongan baik pada mesin milling atau mesin bubut. HSS mempunyai kekerasan yang tinggi dengan kandungan karbon berkisaran 1,5-2,0 % dibandingkan baja lainnya. Selain itu material HSS juga memiliki ketahanan terhadap panas yang sangat tinggi. Oleh sebab itu peneliti memilih HSS sebagai *tool* dalam penelitian ini. *Tool* yang dipakai untuk proses pengelasan dengan metode *Friction Stir Welding* :



**Gambar 3.5 Tool HSS**

## 5. Gerinda Tangan

Gerinda tangan berfungsi untuk membersihkan serta menghaluskan bagian bagian sisa yang masih belum rapi maupun terlihat tajam pada specimen agar aman pada saat melakukan pengujian.



**Gambar 3.6 Gerinda Tangan**

## 6. Penggaris

Penggaris dalam proses penelitian ini dapat digunakan untuk mengukur panjang serta lebar ukuran specimen yang telah di tetapkan

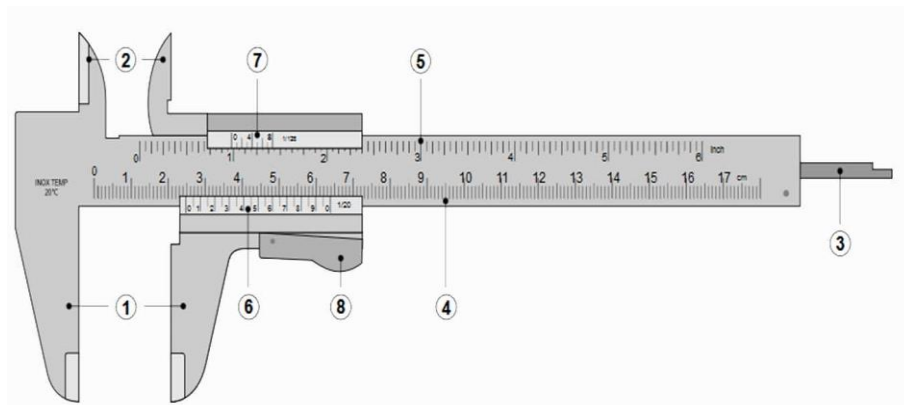


**Gambar 3.7 Penggaris**



## 7. Jangka Sorong

Jangka sorong sebagai alat ukur terhadap specimen yang sudah ditentukan. Selain itu jangka sorong juga dapat digunakan untuk mengukur specimen uji tarik sebelum dan sesudah dilakukan pengujian.



**Gambar 3.8 Jangka Sorong**

## 8. Cekam Pelat Pengujian Distorsi

Cekam pelat digunakan untuk pengujian distorsi agar pelat dalam keadaan sejajar sehingga mempermudah pada saat proses pengujian distorsi.



**Gambar 3.9 Cekam Pelat Pengujian Distorsi**



### 9. Dial Indicator

*Dial indicator* digunakan untuk mengukur tingkat kerataan permukaan dari specimen hasil pengelasan *Friction Stir Welding*.



**Gambar 3.10 Dial Indicator**

### 10. Alat Uji Tarik

Uji tarik merupakan uji mekanik untuk mengetahui kekuatan material terhadap gaya tarik yang diberikan. Specimen pengujian akan ditarik hingga putus, sehingga dapat dianalisa ketahanan dari material terhadap kekuatan tarik yang diberikan.



**Gambar 3.11 Alat Uji Tarik**

Spesifikasi alat pengujian tarik adalah sebagai berikut :

1. Merek : Shimadzu Corporation
2. Model : UH-300 Knx C1 380 V
3. Nomor Mesin : 1240353H0074
4. Kapasitas : 300 Kn
5. Tahun Pembuatan : 2015
6. Buatan : Jepang

#### 11. Alat Uji Kekerasan *Mikro Vickers*

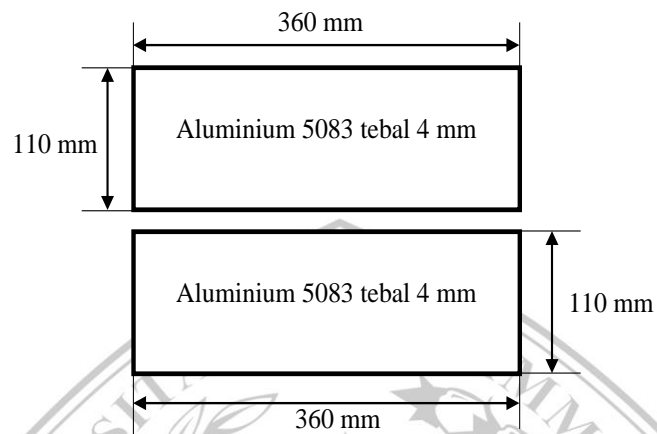
Alat uji kekerasan *mikro vickers* digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan yang terjadi pada spesimen uji setelah dilakukannya proses pengelasan.



**Gambar 3.12** Alat Uji Kekerasan *Mikro Vickers*

### 3.4.2. Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini, akan menggunakan bahan aluminium tipe 5083 ketebalan 4 mm yang berdimensi 360 mm x 110 mm dengan metode pengelasan *friction stir welding*.



**Gambar 3.13 Desain Pelat Aluminium Seri 5083**



**Gambar 3.14 Pelat Aluminium Seri 5083**

### 3.5. Tahapan – Tahapan Pelaksanaan Eksperimen

#### 3.5.1. Persiapan Bahan Untuk Proses Pengelasan *Friction Stir Welding*

Pada tahap ini mempersiapkan bahan yang akan digunakan dalam proses pengelasan berupa pelat alumunium 5083 dengan ketebalan 4 mm, ukuran dimensi 360 mm x 110 mm sebanyak 3 pasang.

#### 3.5.2. Persiapan Alat Untuk Proses Pengelasan *Friction Stir Welding*

Tahap selanjutnya sebelum melakukan proses pengelasan, dengan mempersiapkan peralatan – peralatan yang dibutuhkan. Peralatan tersebut seperti *tool*, mesin frais, kunci pas, penjepit spesimen, kalibrasi untuk menentukan kerataan permukaan dengan menggunakan dial indicator.

#### 3.5.3. Tahapan - Tahapan Pengelasan *Friction Stir Welding*

Dibawah ini merupakan tahapan-tahapan dari pengelasan *Friction Stir Welding* adalah sebagai berikut.

1. Memasang *tool* FSW pada mesin frais.
2. Menyiapkan pelat aluminium paduan seri 5083 dengan tebal 4 mm dengan ukuran dimensi 360 mm x 110 mm.
3. Pemasangan pelat aluminium paduan seri 5083 pada meja mesin frais dengan posisi horizontal.
4. Menjepit pelat dengan cara mencekam agar spesimen uji tidak bergeser saat pengelasan *friction stir welding* berlangsung.
5. Mengatur mesin frais sesuai kebutuhan.
6. Eksekusi percobaan pengelasan dengan metode FSW (*Friction Stir Welding*).



**Gambar 3.15** Proses Pengelasan *Friction Stir Welding*

### **3.6. Hasil Pengelasan Tiga Variasi Kecepatan Pengelasan yang Berbeda**

- a. Hasil eksperimen pengelasan spesimen dengan variasi kecepatan pengelasan 20 mm/menit.



**Gambar 3.16** Bagian Atas Hasil eksperimen pengelasan spesimen dengan variasi kecepatan pengelasan 20 mm/menit

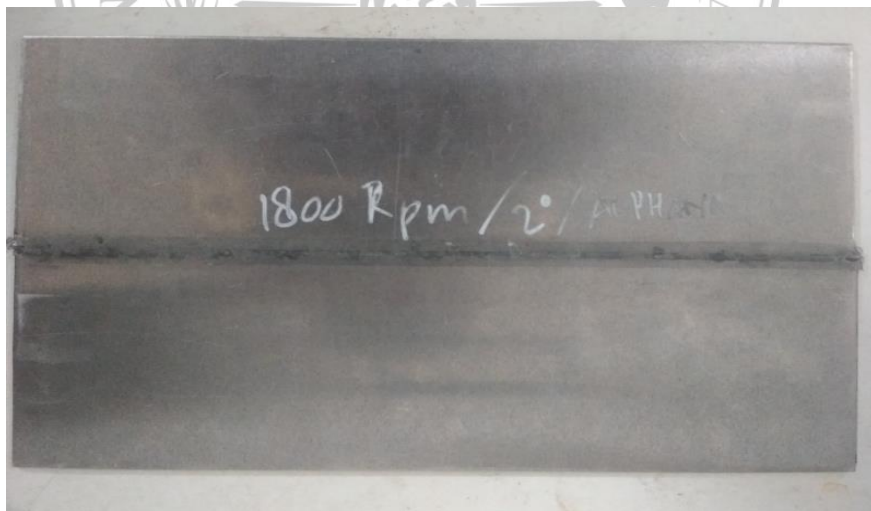


**Gambar 3.17** Bagian Bawah Hasil eksperimen pengelasan spesimen dengan variasi kecepatan putaran 20 mm/menit

- b. Hasil eksperimen pengelasan spesimen dengan variasi kecepatan pengelasan 40 mm/menit



**Gambar 3.18 Bagian Bawah Hasil eksperimen pengelasan spesimen dengan variasi kecepatan pengelasan 40 mm/menit.**



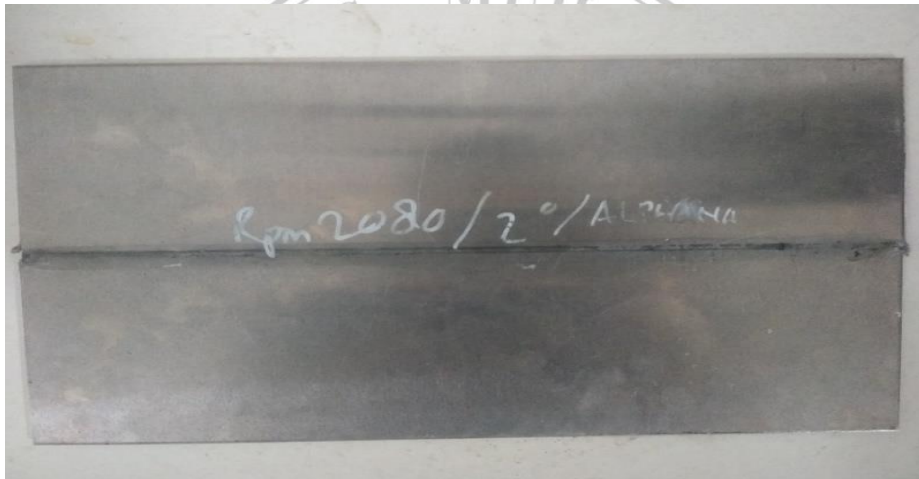
**Gambar 3.19 Bagian Bawah Hasil eksperimen pengelasan spesimen dengan variasi kecepatan pengelasan 40 mm/menit.**

- c. Hasil eksperimen pengelasan spesimen dengan variasi kecepatan pengelasan 60 mm/menit





**Gambar 3.20 Bagian Atas Hasil eksperimen pengelasan spesimen dengan variasi kecepatan pengelasan 60 mm/menit**



**Gambar 3.21 Bagian Bawah Hasil eksperimen pengelasan spesimen dengan variasi kecepatan pengelasan 60 mm/menit**

### **3.7. Tahapan – Tahapan Pembuatan Spesimen**

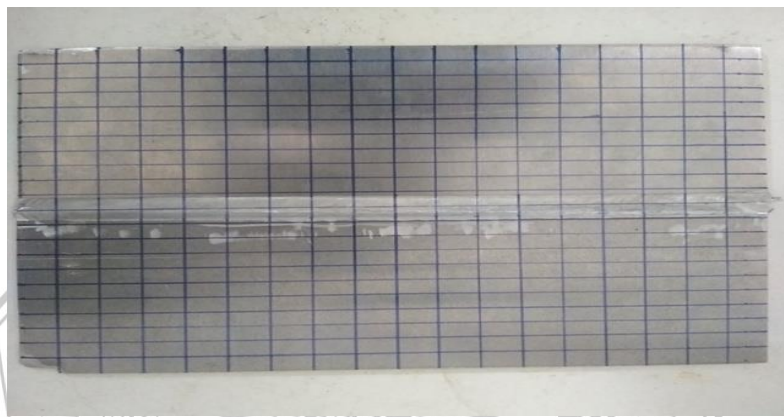
Setelah menentukan eksperimen proses pengelasan *friction stir welding* dengan kecepatan putaran *tool*. Proses selanjutnya adalah membuat sepesimen dengan standar yang di tentukan untuk pengujian distorsi, tarik, dan kekerasan.



### 3.7.1. Pembuatan Spesimen pengujian Distorsi

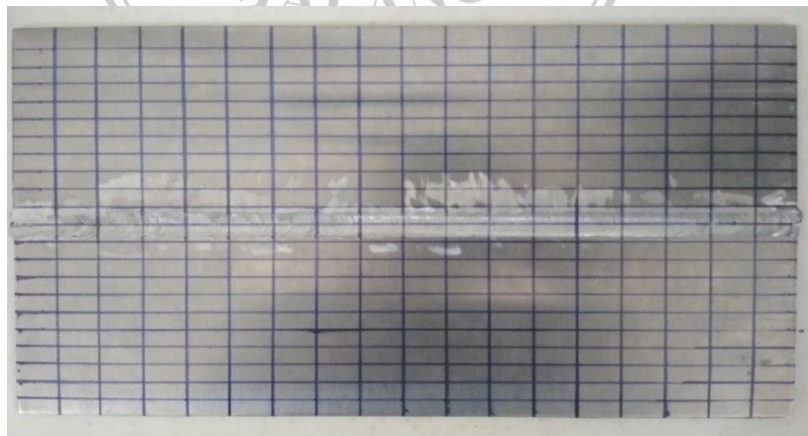
Material pelat yang sudah dilakukan pengelasan diberikan tanda berupa garis-garis untuk mempermudah dalam menentukan titik pengukuran menggunakan dial indicator. Setiap titik memiliki jarak lebar antar titik 1 cm dan panjang antar titik 2 cm.

- a. Specimen pengujian distorsi eksperimen pengelasan dengan variasi kecepatan pengelasan 20 mm/menit



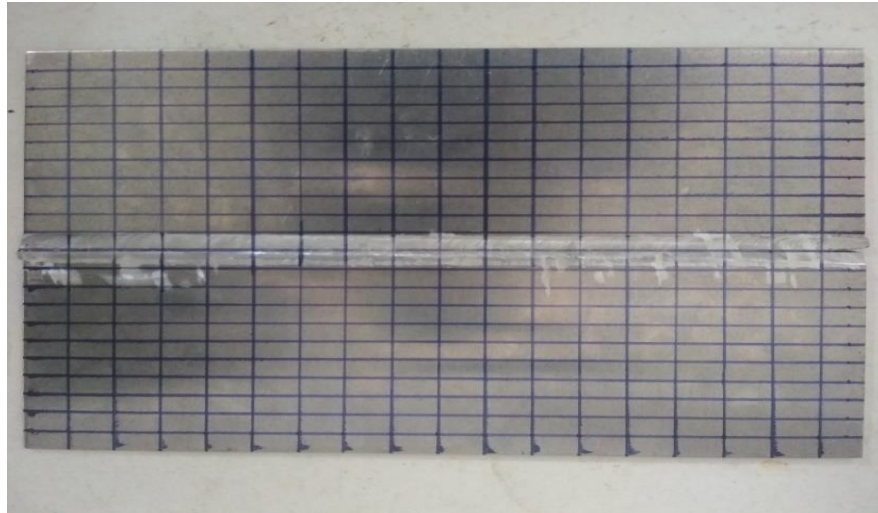
**Gambar 3.22 Spesimen pengujian distorsi eksperimen pengelasan dengan variasi kecepatan pengelasan 20 mm/menit**

- b. Specimen pengujian distorsi eksperimen pengelasan dengan variasi kecepatan pengelasan 40 mm/menit



**Gambar 3.23 Spesimen pengujian distorsi eksperimen pengelasan dengan variasi kecepatan pengelasan 40 mm/menit**

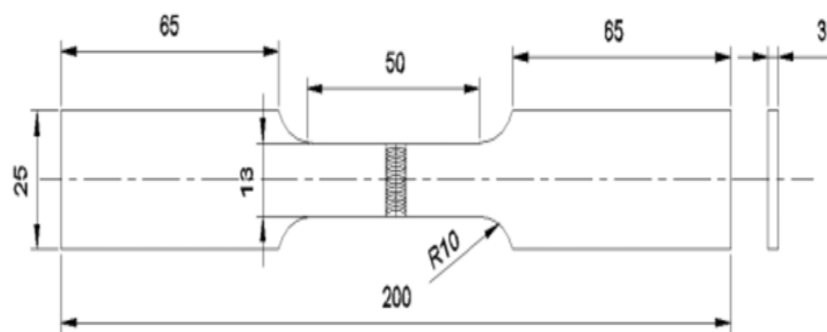
- c. Specimen pengujian distorsi eksperimen pengelasan dengan variasi kecepatan pengelasan 60 mm/menit



**Gambar 3.24 Spesimen pengujian distorsi eksperimen pengelasan dengan variasi kecepatan pengelasan 60 mm/menit**

### 3.7.2. Pembuatan Specimen Pengujian Tarik

Mendesain standar uji tarik dikertas karton agar mempermudah dalam memotong pelat. Proses selanjutnya meratakan alur pengelasan dengan mesin frais, selanjutnya pelat dipotong menjadi dua bagian sesuai ukuran agar mempermudah dalam proses pemotongan. Setelah itu, tempelkan desain pada kertas karton pada pelat untuk mempermudah membuat specimen.



**Gambar 3.25 Spesimen Benda Uji Tarik Sesuai Standar ASTM E8**

### 3.7.3. Pembuatan Specimen Pengujian Kekerasan *Mikro Vickers*

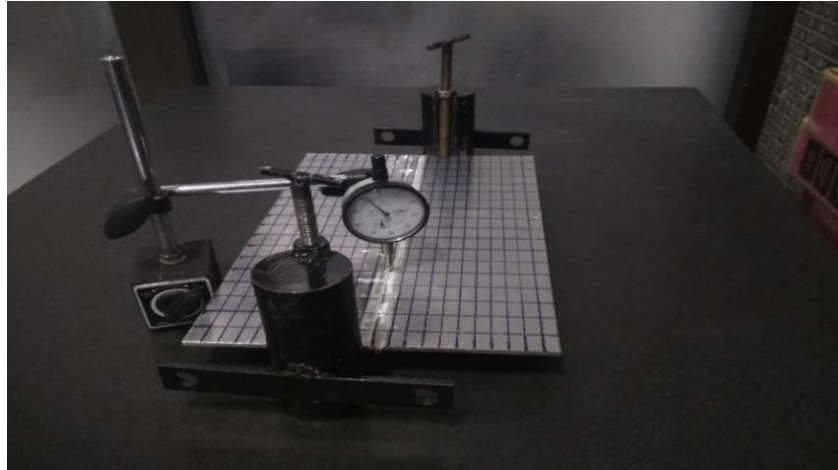
Meratakan alur pengelasan menggunakan mesin frais, pelat dipotong dengan dimensi 100 mm x 10 mm. Kemudian menggunakan resin sebagai dudukan berfungsi agar pelat tidak bergerak. Setelah itu, haluskan permukaan yang akan dilakukan pengujian dengan amplas.

## 3.8. Tahapan – Tahapan Pelaksanaan Pengujian Spesimen

### 3.8.1. Pelaksanaan Pengujian Distorsi

Pengukuran distorsi pada spesimen hasil eksperimen pengelasan menggunakan alat ukur *dial indicator*. Cara mengukurnya yaitu dengan menentukan beberapa titik dengan jarak tertentu. Titik-titik yang menjadi acuan pengukuran dapat di tentukan sesuai dengan ukuran pelat yang digunakan dalam penelitian. Kemudian ditentukan titik-titik dengan ruas horizontal 2 cm dan ruas vertical 1 cm. Berikut langkah-langkah pengujian distorsi :

1. Membuat garis pada pelat dengan lebar antar jarak titik sebesar 1 cm dan panjang antar jarak titik sebesar 2 cm, sehingga menutupi permukaan pelat.
2. Menjepit kedua sisi plat menggunakan alat khusus berupa cekam pengujian distorsi.
3. Menempatkan pelat dan cekam penjepit pelat yang akan diuji diatas meja rata dan kalibrasi titik terendahnya pada permukaan pelat menggunakan *dial indicator*.
4. Mengukur setiap garis yang telah dibuat dan catat hasil nilai distorsi yang di dapat dari hasil pengukuran *dial indicator*.



**Gambar 3.26 Proses Pengukuran Distorsi**

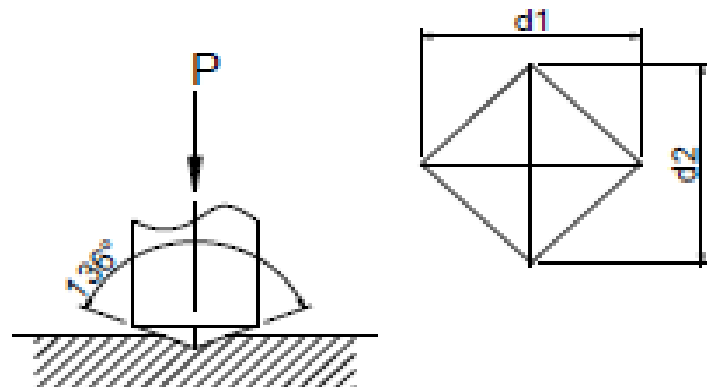
### 3.8.2. Pelaksanaan Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah jenis pengujian yang sering diterapkan dalam suatu penelitian. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik (*tensile strenght*), kekuatan luluh (*yield strenght*) dan perpanjangan (*elongation*) dari sebuah spesimen. Spesimen uji tersebut telah melewati proses pengelasan dengan menggunakan metode *Friction Stir Welding*. Spesimen uji untuk proses pengujian tarik ini dibuat sesuai dengan standar ASTM E8. Tahapan – tahapan pengujian tarik adalah, sebagai berikut:

1. Masukkan data pada komputer untuk mulai pengujian dari awal.
2. Spesimen uji mendapatkan beban tarik dari tenaga hidrolik hingga putus pada beban maksimum tahanan material benda uji.
3. Menghitung seberapa besar penampang dan panjang benda uji setelah putus.
4. Mengambil hasil data yang ada pada komputer pengujian untuk dimasukkan dalam perhitungan kekuatan tarik, kekuatan luluh dan perpanjangan material.

### 3.8.3. Pelaksanaan Pengujian Kekerasan *Mikro Vickers*

Pengujian kekerasan yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menggunakan metode *Mikro Vickers*. Pengujian ini dilakukan pada permukaan potongan material dari daerah logam induk, HAZ serta daerah las atau *stir zone*. Skema dalam pengujian kekerasan dengan metode *Mikro Vickers* dapat dilihat pada Gambar 3.27.



Gambar 3.27 Skema Pengujian Kekerasan *Mikro Vickers*

Langkah – langkah pengujian kekerasan *mikro vickers* adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan indenter piramida intan. Penekanan piramida intan  $136^{\circ}$  dipasang pada tempat indenter mesin uji kekerasan *mikro vickers*. Kemudian kencangkan secukupnya agar penekanan intan tidak jatuh.
2. Memberikan garis tanda pada daerah logam las, HAZ dan logam induk yang akan diuji kekerasan.
3. Meletakkan spesimen diatas landasan.
4. Menentukan beban sebesar 1 Kgf.
5. Menentukan titik yang akan diuji.
6. Menekan tombol indenter.



**Gambar 3.28 Alat Pengujian Kekerasan Mikro Vickers**

### **3.9. Teknik Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan cara melakukan observasi pada eksperimen yang dilakukan. Pengumpulan data dilakukan dengan pengamatan serta mencatat seluruh aktivitas yang dilakukan dalam penelitian ini secara langsung. Data-data yang dicatat meliputi pengukuran nilai distorsi, nilai kekuatan tarik dan nilai kekerasan sambungan hasil pengelasan gesek puntir (*friction stir welding*). Untuk memudahkan dalam pengumpulan data hasil pengamatan eksperimen atau pengujian pada penelitian ini dibuatlah lembar tabel hasil eksperimen adalah, sebagai berikut :



## 3.9.1. Tabel Data Hasil Pengujian Distorsi

| Tabel Data Hasil Distorsi Spesimen Uji Variasi <i>feed rate</i> |                                 |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|---------------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | Panjang Jarak Ke Samping ( mm ) |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 0                               | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 |
| Panjang Jarak Ke Bawah ( mm )                                   | 10                              |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 20                              |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 30                              |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 40                              |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 50                              |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 60                              |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 70                              |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 80                              |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 90                              |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 100                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 110                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 120                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 130                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 140                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 150                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 160                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 170                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 180                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 190                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 200                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 210                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   | 220                             |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

## 3.9.2. Tabel Data Awal Spesimen Sebelum Pengujian Tarik

| Perlakuan Spesimen       | Pengulangan | $W_0$ | $t_0$ | $L_0$ | $W_1$ | $t_1$ | $L_1$ |
|--------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                          |             | (mm)  | (mm)  | (mm)  | (mm)  | (mm)  | (mm)  |
| Variasi <i>feed Rate</i> | 1           |       |       |       |       |       |       |
|                          | 2           |       |       |       |       |       |       |
|                          | 3           |       |       |       |       |       |       |
| Variasi <i>feed Rate</i> | 1           |       |       |       |       |       |       |
|                          | 2           |       |       |       |       |       |       |
|                          | 3           |       |       |       |       |       |       |
| Variasi <i>feed Rate</i> | 1           |       |       |       |       |       |       |
|                          | 2           |       |       |       |       |       |       |
|                          | 3           |       |       |       |       |       |       |



3.9.3. Tabel Data Hasil Perhitungan Spesimen Pengujian Tarik

| Perlakuan Spesimen       | Pengulangan | P <sub>max</sub> | σ <sub>max</sub> | P <sub>yield</sub> | σ <sub>yield</sub> | ΔL   | ε   |
|--------------------------|-------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|------|-----|
|                          |             | (N)              | (Mpa)            | (N)                | (Mpa)              | (mm) | (%) |
| Variasi <i>feed rate</i> | 1           |                  |                  |                    |                    |      |     |
|                          | 2           |                  |                  |                    |                    |      |     |
|                          | 3           |                  |                  |                    |                    |      |     |
| Variasi <i>feed rate</i> | 1           |                  |                  |                    |                    |      |     |
|                          | 2           |                  |                  |                    |                    |      |     |
|                          | 3           |                  |                  |                    |                    |      |     |
| Variasi <i>feed rate</i> | 1           |                  |                  |                    |                    |      |     |
|                          | 2           |                  |                  |                    |                    |      |     |
|                          | 3           |                  |                  |                    |                    |      |     |

3.9.4. Tabel Data Hasil Pengujian Kekerasan

| Daerah Pengujian                    |            | Pengulangan | Jejak (mm)     |                |   |                | VHN | VHN Rata - Rata |
|-------------------------------------|------------|-------------|----------------|----------------|---|----------------|-----|-----------------|
|                                     |            |             | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d | d <sup>2</sup> |     |                 |
| Spesimen Variasi Kecepatan 2080 Rpm | Base Metal | 1           |                |                |   |                |     |                 |
|                                     |            | 2           |                |                |   |                |     |                 |
|                                     |            | 3           |                |                |   |                |     |                 |
|                                     | HAZ        | 1           |                |                |   |                |     |                 |
|                                     |            | 2           |                |                |   |                |     |                 |
|                                     |            | 3           |                |                |   |                |     |                 |
|                                     | Weld Metal | 1           |                |                |   |                |     |                 |
|                                     |            | 2           |                |                |   |                |     |                 |
|                                     |            | 3           |                |                |   |                |     |                 |

### 3.10. Analisa Data

Setelah data-data sudah diperoleh, kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data yang sudah terkumpul. Data yang didapat dari hasil pengujian dimasukkan ke dalam persamaan-persamaan yang digunakan sehingga mendapatkan data yang bersifat kuantitatif yaitu data yang berupa angka. Teknik analisa data pengaruh variasi kecepatan pengelasan dengan metode *Friction Stir Welding* menggunakan bahan aluminium paduan seri 5083 dengan ketebalan 4 mm. Hasil yang didapatkan berupa perbandingan presentase serta rata - rata antara data - data yang sudah mengalami variasi kecepatan putaran pada *tool*.

